

奥入瀬溪流での散策が唾液アミラーゼ活性に 及ぼす影響について

三 島 隆 章

要 約

本研究では、奥入瀬溪流での散策のストレス軽減効果について検討するため、奥入瀬溪流、種差海岸およびグランドでの散策直前、開始 30 分後、60 分後、90 分後および散策終了直後に生理的ストレスマーカーである唾液アミラーゼ活性を測定した。また、散策直前、60 分後および散策終了直後に主観的ストレス反応の評定としてアラウザルチェックリスト (GACL) を行った。その結果、唾液アミラーゼ活性には散策に伴う経時変化は認められなかった。一方、GACL では脱活性-睡眠 (DS) において、奥入瀬溪流での散策直前と比較して散策終了直後の方が有意な低値を示した ($P < 0.05$)。これらの結果より、奥入瀬溪流での散策で主観的には活動的な気持ちが高まることが示唆された。

I. 緒 言

Selye によって提起された「ストレス」という言葉は、現代社会においてごく当たり前のように日常生活で用いられている。例えば、日常生活におけるストレスについて 356 名の男女に対してアンケート調査を行った結果では、「あなたは職場や仕事上で『ストレス』を感じていますか?」との問いに対し男性の 78.8%、女性の 56.7% がストレスを感じていると回答している¹⁾。このように日常生活においてストレスを感じている人が多いことから、日常生活を離れストレス解消を図るために、自然に対して「癒し」を求めている人が増えている。例えば、平成 19 年に全国 20 歳以上の男女 1,827 人に対して実施された森林と生活に関する世論調査では、森林に行った目的について「すぐれた景観や風景を楽しむため」と回答した割合が 38.0

%, 「森林浴により心身の気分転換をするため」と回答した割合が 36.9% と平成 15 年に実施した同様の調査結果と比較して、それぞれ 8.0%, 11.3% 上昇しことが報告されている²⁾。また、中都市在住者は森林に行った目的について、「すぐれた景観や風景を楽しむため」「森林浴により心身の気分転換をするため」と回答した割合が高く、小都市、町村居住者は「釣りや山菜採りなどを楽しむため」と回答した者の割合が高いことも報告されている。さらに、50 歳代、60 歳代で「森林浴により心身の気分転換をするため」と回答した方の割合が高いことも報告されている。これらの結果より、森林に癒しを求める人の特徴として、主に中都市に在住する中高年者であることが分かる。

青森県にも奥入瀬溪流や白神山地、種差海岸といった多くの景勝地があり、毎年多くの観光客でにぎわっている。2010 年 8 月から 11 月まで奥入瀬溪流の石ヶ戸休憩所において聞き取り調査を行った結果では、居住地が県内の方は 14.8% にとどまり、残りの 85.2% は県外であり、

八戸大学人間健康学部

なかでも関東地区に居住している方は37.2%であったとの報告がなされている³⁾。また、年代では50歳代が21.8%、60歳代が37.9%で奥入瀬渓流を訪れた目的は「自然」と回答した割合は、実に90.5%もあった³⁾。これらの観光客の特徴は、前述した森林に癒しを求めて足を運ぶ方の特徴と一致していることから、奥入瀬渓流を訪れる多くの観光客が心身の気分転換すなわち「癒し」を求めていることが推察される。奥入瀬渓流は全国的にも有名な景勝地であり、東北新幹線全線開通にともないアクセスも向上されたことから、今度癒しを求め観光客が増加する可能性が高い。したがって、奥入瀬渓流が持つリフレッシュ効果について検討することは、非常に有意義なことだと言える。

このように森林に対して癒し効果を求める方々が増えてきていることを受けて、森林が持つ癒しの効果について、客観的なデータを得るための調査が行われてきた。武田と近藤⁴⁾は、老人会ボランティア男女19名を対象に森林浴散策および非森林浴散策を1時間行い、それぞれ感情状態尺度 (Profile of Mood States; POMS)、ストレスマーカーとして血清検体からアドレナリン濃度およびコルチゾール濃度を測定した。この結果、森林浴によってPOMSの総得点および血清アドレナリン濃度が有意な低下を示したことが認められている⁴⁾。このように、森林浴が持つストレス軽減効果についてストレスマーカーを用いて明らかされているが、青森県の景勝地での散策がストレスマーカーに及ぼす影響については、我々の知る限りいまだ検討がなされていない。また、前述したストレスマーカーの測定には、高価な測定機器や専門的知識が必要となり、また分析に時間を要するといった問題点があるため、容易にストレスマーカーを測定することは困難を極める。そこで、近年、その問題点を解消すべく方法として、ストレスマーカーのひとつである唾液中のアミラーゼ活性を簡易的に測定することができる方法が開発され⁵⁾、注目されている。

ヒトがストレスを受けると、交感神経系の活性変動に伴い、唾液に含まれる消化酵素のひとつであるアミラーゼの活性も変動する⁵⁾。ストレスに対する唾液アミラーゼ活性の応答性はよく、タイムラグは1分程度とされていることから⁶⁾、唾液中のアミラーゼの活性を測定することで、被験者のストレス度を数値化することができるのである。このような理由から、ジェットコースター⁷⁾、運転ストレス⁸⁾、クレペリンテスト⁹⁾、鏡映描写課題¹⁰⁾、スピーチ課題¹¹⁾などで実施されている。さらに、森林植物園でのウォーキングによるストレス軽減効果を調べるため、1時間のウォーキング前後に唾液アミラーゼ活性を測定した結果、散策後に有意な低下があったことが報告されている¹²⁾。これらのことから、ストレスマーカーとして唾液アミラーゼ活性を測定することで、青森県の景勝地であり緑豊かな奥入瀬渓流での散策が持つストレス軽減効果について、客観的な値を得ることができると考えられる。

そこで本研究では、ストレスマーカーである唾液アミラーゼ活性を用い、奥入瀬渓流での散策が持つストレス軽減効果について明らかにすることを目的とした。

II. 調査方法

A. 対象者

本調査には健常な男子大学生8名が参加した。いずれの対象者に対しても事前に調査の目的や方法の説明を受け、同意したうえで調査に参加した。

B. 調査方法

奥入瀬渓流の持つストレス軽減効果を検討するため、奥入瀬渓流遊歩道での散策を2時間行なった。散策時間を2時間として理由として、奥入瀬渓流において観光客に人気のある散策コースのひとつに、石ヶ戸休憩所から雲井の滝までの往復コース (往復約3.6 km) があり、こ

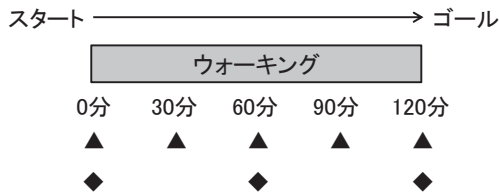


図1 調査デザイン。▲：唾液アミラーゼ活性の測定，◆：アラウザルチェックリストの記入。

の散策コースにて景色を楽しみながら歩くと約2時間要するからである。また、比較対照群として青森県の景勝地である種差海岸および八戸短期大学グラウンドでの散策を2時間行った。これら3つ条件での散策において、生理的ストレスマーカーとして唾液アミラーゼ活性を調査開始直前、30分後、1時間後、1時間30分後および調査終了直後（120分後）に測定した。また、主観的ストレス反応として、アラウザルチェックリストの記入を調査開始直前、1時間後および調査終了直後に行った（図1）。なお、本調査における手順および方法については、八戸大学・八戸短期大学研究倫理委員会の承諾を得たのである。

C. 調査時期

奥入瀬溪流での調査は2011年10月27日、種差海岸での調査は11月10日、グラウンドでの調査は10月20日に実施した。なお、調査日のいずれも晴天で気温も15℃前後であったことから、快適に散策を行うことができる条件のなかで調査を実施することができたと言える。

D. 分析項目

1. 唾液アミラーゼ活性

唾液アミラーゼ活性の測定には、唾液中のアミラーゼ活性測定ドライケミストリーを製品化した簡易ストレス測定器（ニプロ社製唾液アミラーゼモニター CM2.1）を使用した。これは、唾液中に含まれるアミラーゼが試験紙に含まれている α -2-クロロ-4-ニトロフェニル-ガラクト

ピラノシルマルトサイドを加水分解すると、2-クロロ-4-ニトロフェノールが生成され黄色に発色する。この反応を光化学ユニット（波長470 nmのlight-emitting diode（LED）と受光素子）で20秒間測定し、その反射率の変化を酵素活性値に変換することで、唾液中のアミラーゼ活性を定量化することができる⁵⁾。具体的には、測定前の真水で口腔内をすすいだ後に専用チップを30秒間舌下に挿入して、唾液をしみ込ませ、これをモニタ本体に挿入した。なお、口腔内では舌下での測定値の再現性が高いという報告に基づき⁵⁾、被験者にはチップを必ず舌下に挿入するように指示した。また、唾液アミラーゼ活性の日内変動を調査した結果、午前中よりも午後の方が安定した値が得られることから^{13),14)}、散策開始時刻をいずれも13時以降とした。

2. アラウザルチェックリスト

主観的ストレス反応の評定には、アラウザルチェックリスト（General Arousal Checklist；GACL）を用いた。GACLは、「活動的な」「活気のある」などの全般的活性（General Activation：GA）、「うとうと」「ぼんやり」などの脱活性-睡眠（Deactivation Sleep：DS）、「そわそわ」「いらいらした」などの高活性（High Activation：HA）、「のどか」「くつろいだ」などの全般的脱活性（General Deactivation：GD）の4つの下位尺度から構成されている¹⁵⁾。なお、GACLにおける4つの下位尺度については、表1に示した通りである。これら4つの下位尺度について、チェックリスト記入時の気持ちに応じ、「非常に感じる」を4点、「ある程度感じる」を3点、「少し感じる」を2点、「まったく感じない」を1点として回答させた。

E. 統計処理

統計量は、平均±標準偏差で示した。群間における散策に伴う測定値の変化の差異を検討するため、繰り返しのある二元配置の分散分析を用い、有意なF値が検出されたものについては、

表1 GACLにおける4つの下位尺度

GA	DS	HA	GD
活動的な	だるい	いらいらした	のんびりした
活気のある	眠い	どきどきした	ゆったりした
活発な	ぼんやりした	緊張した	のどかな
積極的な	うとうとした	そわそわした	落ち着いた
精力的な	だらだらした	びくびくした	くつろいだ

GACL ; general arousal checklist, GA ; general activation, DS ; deactivation sleep, HA ; high activation, GD ; general deactivation.

Scheffeの方法により平均値の差異の有意性を検討した。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

A. 唾液アミラーゼ活性

奥入瀬溪流、種差海岸および八戸短期大学グラウンドでの散策に伴う唾液アミラーゼ活性の経時的変化については、図2に示した通りである。120分間の散策に伴う唾液アミラーゼ活性について経時的変化について検討したが、奥入瀬溪流、種差海岸およびグラウンドのいずれの条件においても、散策に伴う有意な変化は認められなかった。

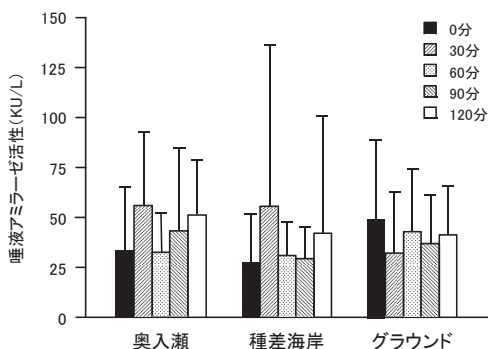


図2 散策に伴う唾液アミラーゼ活性の経時的変化。平均±標準偏差。散策開始直後(0分)、30分後(30分)、60分後(60分)、90分後(90分)および散策終了直後(120分)に唾液アミラーゼ活性の測定を実施した。

B. GACL

奥入瀬溪流、種差海岸および八戸短期大学グラウンドでの散策に伴うアラウザルチェックリストの経時的変化については、図3に示した通りである。奥入瀬溪流のDSにおいて、散策直前と比較して散策終了直後の方が有意な低値を示した($P<0.05$)。ただし、GA、HAおよびGDにおいては、散策に伴う有意な差異は認められなかった。

IV. 考 察

森林浴とは1982年に林野庁によって提唱された日本独自の活動で、美しい森林風景を眺めながら、すがすがしい空気の中で行う活動のことである⁴⁾。この森林浴が人体に及ぼす影響について、多くの研究がなされており、これまでに心身をリラックスさせる効果^{12), 16)}、血圧を低下させる効果⁴⁾、ストレスホルモンの分泌を抑制する効果^{4), 17)}、免疫機能の向上させる効果¹⁷⁾があることが認められている。さらに、森林浴とストレスマーカーである唾液アミラーゼ活性の変化に着目した研究が行われており、森林植物公園での散策後に唾液アミラーゼ活性が低下すること¹²⁾、街中での散策後と比較して森林での散策後の方が18.8%低下することが確かめられている¹⁸⁾。このような理由から、深い森林に囲まれた遊歩道を散策する奥入瀬溪流では、種差海岸やグラウンドでの散策と比較してストレスマーカーである唾液アミラーゼ活性が散策

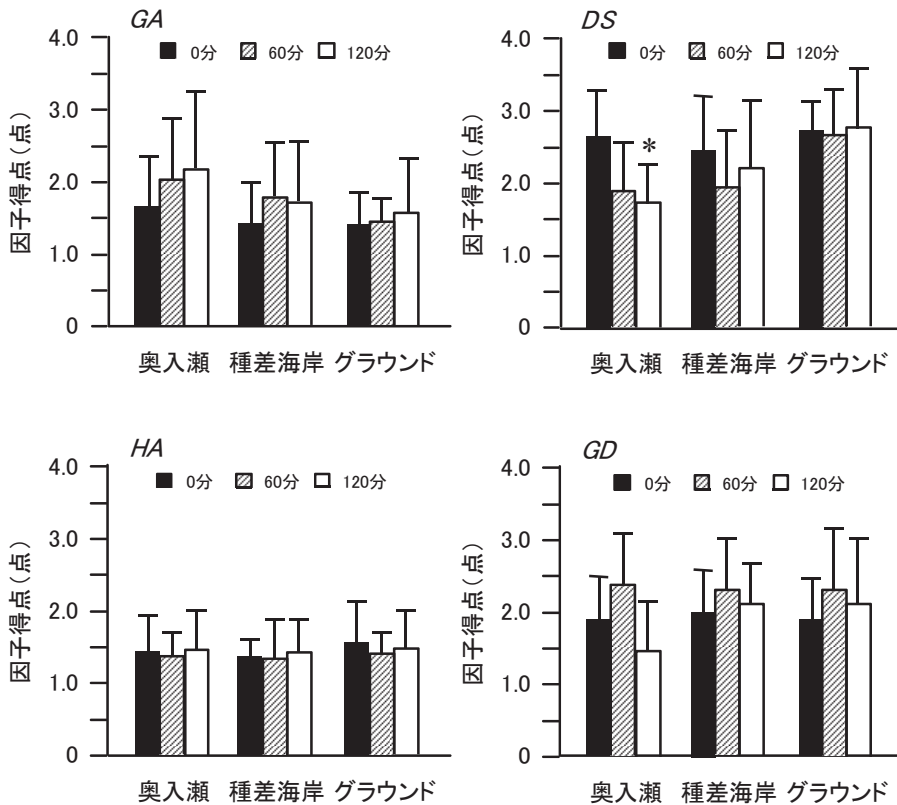


図3 散策に伴う GACL の経時的変化。平均±標準偏差。散策開始直後（0 分）、60 分後（60 分）および散策終了直後（120 分）に GACL の記入を実施した。* $P < 0.05$ vs 0 分。GACL；general arousal checklist, GA；general activation, DS；deactivation sleep, HA；high activation, GD；general deactivation.

後に低下する予想した。しかしながら、本調査の結果では、奥入瀬渓流、種差海岸およびグラウンドといったいずれの条件においても散策に伴う唾液アミラーゼ活性の有意な変化は観察されなかった（図2）。この理由として唾液アミラーゼ活性は、身体にストレスに加わったときに交感神経が活性化する現象を利用していることから⁵⁾、身体活動に伴い亢進する交感神経活動が、ストレスの増減を反映する唾液アミラーゼ活性の変化をマスクした可能性があることが考えられる。

自律神経系のひとつである交感神経は、身体活動中だけではなくストレスを感じているときや緊張しているときの優位に働くことは周知の事実である。この現象を利用して、Park et al.¹⁶⁾

は、森林での散策が自律神経系に及ぼす影響について検討するため、森林もしくは街中での散策中の被験者の心拍変動から、副交感神経活動を反映する心拍変動の高周波成分のパワー、交感神経活動を反映する低周波成分を低周波成分と高周波成分の和で割った値の経時的変化を調べた。その結果、森林での散策中と街中での散策中の交感神経活動および副交感神経活動には有意な差異が認められなかったと報告している¹⁶⁾。一方、散策直後に「心地よさ」「穏やかさ」を感じた被験者が、街中より森林の方が多かったこと、リフレッシュスコアは街中より森林の方が有意な高値を示したことから¹⁶⁾、被験者は森林での散策において「癒し」を感じていることが伺える。さらに、この研究では散策後にその

場所で風景を15分間眺めることも行っている。この結果、街中での景色の眺望と比較して森林での景色の眺望の方が、交感神経活動が有意に低下することを認めている¹⁶⁾。このことから、唾液アミラーゼ活性を用いて身体活動を伴うストレス軽減効果を検証する場合、その結果に対して注意を払う必要があることを示唆している。

前述した通り、森林浴は人体に対し様々な正の影響を及ぼすが、この生理学的効果について森林揮発性物質であるフィトンチッドの持つ作用に着目した検討がなされている。フィトンチッドとは「植物」を表す“phyton”と「殺戮」を意味する“cide”の合成語であり、自ら移動することのできない植物が自己にとって害となる病原微生物や昆虫を寄せ付けないために分泌する生理活性物質として名付けられた¹⁹⁾。一般的には樹木から抽出する成分で、ヒノキ風呂で感じることでできる清々さを感じる主成分として知られており¹⁹⁾、フィトンチッドを含むヒノキ油の匂いを嗅ぐだけでリフレッシュ効果が得られることも報告されている²⁰⁾。このことは、高速道路休養施設における緑地空間が利用者の運転ストレスに与える影響について調べた結果では、建物内・緑地空間での休憩に伴い唾液アミラーゼ活性はともに低下するが、運転再開後のストレス上昇の程度が緑地空間での休憩の方が緩和されるとの報告²¹⁾からも支持される。また、フィトンチッドの主成分であるヒノキチオールを抽出して製造したフィトンチッド剤の殺菌・制菌作用を調べた結果、大腸菌 O157 やネズミチフス菌に対する殺菌効果、大腸菌や黄色ブドウ球菌の増殖阻止効果があることが確かめられている¹⁹⁾。このような作用を有するフィトンチッドを呼吸によって体内に吸入することで得られる作用、また嗅覚神経を通じた脳の沈静化作用などを介して、森林での散策によるリフレッシュ効果が得られると考えられている。このことから、森林での散策に伴うリフレッシュ効果には、フィトンチッドが重要な役割を

果たしていると考えられる。

森林におけるフィトンチッド濃度の変動について検討した結果では、季節では6月から8月、時間帯では正午前後がピークに達することが認められていることから²²⁾、この環境下で森林浴をすることが奨められている。本調査における散策開始時間は13時から14時であり、時間帯ではフィトンチッド濃度が比較的高いと推測されるが、実施した季節は9月下旬から10月中旬であったことから、推奨される季節とはかけ離れている。したがって、今後、散策を行う時刻だけでなく季節にも注意を払い、6月から8月の間に調査を実施すると、今回とは異なる結果が得られるかもしれない。

本研究で用いたストレス度を主観的に評価するGACLにおいて、奥入瀬溪流での散策で有意差はないものの全般的活性「うとうと」「ぼんやり」などを示す脱活性-睡眠(Deactivation Sleep: DS)の上昇が認められたことは興味深い(図3)。自然界には、小川のせせらぎや爽やかなそよ風、小鳥の囀りなど心の安らぐリズムが存在し、これらを総称して「1/f ゆらぎ」と呼ぶことがある²³⁾。「1/f ゆらぎ」を分析するためには、音信号に対し離散フーリエ変換を適用し、各周波数に対するパワースペクトラムを計算し、周波数の低下とともにパワースペクトラムが増加するような信号の中で、パワースペクトラムの振幅が周波数に対して反比例する信号が「1/f ゆらぎ」である。視覚的に容易に判断するために、フーリエ・パワースペクトラムと周波数の両対数グラフを描き、描かれる線図の傾きによってゆらぎの種類を大別する方法がある。このような方法を用いたグラフにおいて、直線の傾きが0の場合は主にホワイトノイズ、直線の傾きが急になる程単調な信号であり、ホワイトノイズと単調な信号の中間的な信号で傾きが約-1の場合を「1/f ゆらぎ」と呼ぶ²³⁾。ストレス解消や鎮静効果のあるとされるヒーリング音楽について、その特徴を検討した結果では、ヒーリング音楽には1/f ゆらぎ周波数が極めて

多く含まれていたと報告されている²³⁾。また、ヒーリング音楽のもたらす効果について脳波測定によって検討した結果、音楽を聴いている間にリラックスした状態を示す α 波が増加する被験者、または脳が活発に活動している、または緊張している状態を示す β 波が増加する被験者の二極化を示すことも認められた²³⁾。河川環境音を物理的な側面から検討するため河川の流れの音を録音し、流れの音に含まれるゆらぎ値を分析した結果では、上流、中流、下流においてゆらぎの値が0.9～1.5の間にあったと報告されている²⁴⁾。奥入瀬溪流では散策では、その散策コースの大部分が溪流と接していることから、木々の音だけではなく溪流の流れの音に含まれる1/f ゆらぎ周波数に反応した結果として、本研究の被験者においては β 波が増加し、DSの上昇という経時的変化が生じたのかもしれない。一方、波の音について着目した研究では、袖ヶ浦海岸の波の音は明確なリズム性があるため1/f特性を持たないとの報告がなされていることから²⁵⁾、河川ほどは1/f特性を有していない可能性が高い。したがって、種差海岸での散策では、GACLに大きな変動が見られなかったのかもしれない。

本調査では確認を得るに到らなかったが、奥入瀬溪流には心を癒す景色、ながれや風の音、木々の匂いなどストレス軽減効果を有する条件が数多くあることが分かる。今後は、これらの個々のストレス軽減効果を明確にするとともに、これらの合わせ持つ奥入瀬溪流のストレス軽減効果を再検討する必要性があることが示唆された。

V. 総 括

本研究では、奥入瀬溪流での散策がもたらすストレス軽減効果について検討するため、奥入瀬溪流、種差海岸およびグランドでの散策直前、開始30分後、60分後、90分後および散策終了直後（120分後）に生理的ストレスマーカーで

ある唾液アミラーゼ活性を測定した。また、散策直前、60分後および散策終了直後（120分後）に主観的ストレス反応の評定としてアラウザルチェックリスト（General Arousal Checklist；GACL）を用いた評価を行い、次の結果を得た。

1. 散策に伴う唾液アミラーゼ活性の経時的変化について検討を行ったが、いずれの散策条件においても有意な変化は認められなかった。
2. 散策に伴うGACLの経時的変化について検討を行った結果、「うとうと」「ぼんやり」などの脱活性-睡眠（Deactivation Sleep：DS）において、奥入瀬溪流の散策直前と比較して散策終了後の方が有意な低値を示した（ $P<0.05$ ）。

以上の結果より、奥入瀬溪流での散策において生理的ストレスマーカーには変化が現れないが、主観的には活動的な気持ちが高まることが示唆された。

付 記

本研究の一部は、平成23年度八戸大学特別研究費の助成を受けて実施されたものである。

文 献

- 1) 株式会社栃木銀行（2007）とちぎん生活実感アンケート Vol. 38—とちぎの「ストレス」事情—。
- 2) 内閣府大臣官房政府広報室（2007）森林と生活に関する世論調査。
- 3) 青森県（2011）東北新幹線全線開業前後における観光実態調査 調査結果報告書〈詳細版〉。
- 4) 武田淳史、近藤照彦（2009）森林浴の健康増進効果。リハビリテーションスポーツ，28, 30-35。
- 5) 山口昌樹、花輪尚子、吉田博（2007）唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能。生体医工学，45, 161-168。

- 6) 荒垣聡亮 (2004) 唾液中アミラーゼとコルチゾールによる心理ストレスの評価. 歯科医学, 67, 29-30.
- 7) 金丸正史, 金森貴裕, 山口昌樹, 吉田博, 水野康文 (2003) 唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの完成評価. 電子情報通信学会技術研究報告, 103, 1-6.
- 8) 東朋幸, 山口昌樹, 出口満生, 若杉純一, 水野康文 (2004) 唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニタと運転ストレスの評価. 電子情報通信学会技術研究報告, 104, 35-40.
- 9) 山口昌樹, 金森貴裕, 金丸正史, 水野康文, 吉田博 (2001) 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標になりうるか. 医用電子と生体工学, 39, 46-51.
- 10) 辻弘美, 川上正浩 (2007) アミラーゼ活性に基づく簡易ストレス測定器を用いたストレス測定と主観的ストレス反応測定との関連性の検討. 大阪樟蔭女子大学人間科学研究紀要, 6, 63-73.
- 11) 長野祐一郎 (2008) スピーチ課題が唾液アミラーゼ活性に与える効果. 文京学院大学人間学部研究紀要, 10, 221-228.
- 12) 三井知代 (2011) 森林植物園ウォーキングによるストレス軽減効果の検討. Jpn J Psychosom Med, 51, 345-348.
- 13) 花輪尚子, 出口満生, 若杉純一, 東朋幸, 宮崎良文, 山口昌樹 (2005) 里山における唾液アミラーゼ活性の日内変動. 日本生理人類学会誌, 5(特別号 1), 46-47.
- 14) 下村弘治, 金森きよ子, 西牧淳一, 芝紀代子 (2010) 教育現場でのストレスマーカーとしての唾液アミラーゼと唾液コルチゾール測定の有効性について. 生物試料分析, 33, 247-254.
- 15) 笠原佑夏, 五十嵐恵仁, 倉内香織里, 長野祐一郎, 小林剛史 (2008) 足浴のリラクセーション効果に関する検討. 文京学院大学人間学部研究紀要, 10, 297-307.
- 16) Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T. and Miyazaki, Y. (2009) Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage town, Japan. Silva Fennica, 43, 291-301.
- 17) 李卿 (2009) 森林浴の効果. 日本抗加齢医学会雑誌, 5, 362-367.
- 18) Yamaguchi, M., Deguchi, M. and Miyazaki, Y. (2006) The effects of exercise in forest and urban environments on sympathetic nervous activity of normal young adults. J Int Med Res, 34, 152-159.
- 19) 趙希鵬, 菅原俊継, 黒田聡, 有澤準二, 木村主幸 (2007) 各種細菌に対するフィトンチッドの殺菌・制菌効果に関する研究. 北海道工業大学研究紀要, 35, 1-5.
- 20) 小森照久, 山路秋比古, 梅田幸嗣 (2007) 檜油の香りによるリラクゼーション効果評価試験. 三重大学創造開発研究センター報告, 14, 11-14.
- 21) 岩崎寛, 山本聡 (2007) 高速道路休養施設における緑地空間が利用者のストレス緩和に与える効果に関する研究. 日緑工誌, 33, 255-257.
- 22) Yatagai, M. (1988) Terpens emitted from trees. Mokuzai Gakkaishi, 34, 42-47.
- 23) 菅井桂子, 齋藤兆古, 堀井清之 (2010) 音楽に伴う 1/f ゆらぎ周波数成分の抽出とその人間への応用. 法政大学情報メディアセンター研究報告, 23, 103-107.
- 24) 岡林隆敏, 花原正基, 足立圭太郎 (2003) 河川環境音による河川音場空間の表現. 長崎大学工学部研究報告, 33, 121-128.
- 25) 灘岡和夫, 徳見敏夫 (1988) 海岸の音環境に関する基礎的研究. 第35回海岸工学講演会論文集, 757-761.